

2 – Deterministische voorraadmodellen

2.1 Optimale bestel hvlh: het EOQ-model

$TC = D \cdot C_p + \frac{D}{Q} \cdot C_o + \frac{Q}{2} C_h$	$EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{C_h}}$	$OP = D \cdot L$ Cyclustvoorraad = $Q^*/2$
$T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot C_o}{D \cdot C_h}} = \frac{Q^*}{D}$	$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C_h}{2 \cdot C_o}} = \frac{D}{Q^*}$	$\frac{\text{gedecentraliseerd}}{\text{gecentraliseerd}} = \frac{\frac{C_o \cdot D \cdot \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{n}}}{\sqrt{2 \cdot C_h}}}{\sqrt{\frac{C_o \cdot D}{2 \cdot C_h}}} = \sqrt{n}$

2.2 EOQ voor meerdere producten: gezamenlijke bestellingen

(!) Eerst N berekenen en dan pas Q (per product)	$N^* = \frac{\sum_j D_j}{Q'}$	$Q' = \sqrt{\frac{2 \cdot C_o \cdot \sum_j D_j}{C_h}}$	$N^* = \sqrt{\frac{\sum_j D_j C_h}{2 \cdot C_o}}$	$N^* = \sqrt{\frac{L \cdot D^S}{2 \cdot C_o}}$
--	-------------------------------	--	---	--

2.3 Model met eindige aanvulsnelheid: EPQ

$TC(Q) = D \cdot C_p + \frac{D \cdot C_o}{Q} + \frac{(p-d)Q}{2p} C_h$	$EPQ = Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h} \cdot \frac{1}{(1-d/p)}}$	Gemiddelde voorraad $= \frac{T_p(p-d)}{2}$
$T^* = \frac{Q^*}{D} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_o}{C_h \cdot D \cdot (1-d/p)}} \text{ (Jaren!)}$	$OP = d \cdot L$ bezettingsgraad = d/p p = aanvulsnelheid	$T_p = \frac{Q^*}{p}$

2.4 Model met vaste bestelhoeveelheid – hvlh kortingen

- 1) bereken kosten voor breekpunthoeveelheid
- 2) EOQ per eenheidsprijs en TC voor elke geldige EOQ
- 3) laagste TC = bestelhoeveelheid

2.5 Model met vast bestelinterval – T bepalen

$$Max = D(T + L) = \text{vraag tijdens } T \text{ en } L$$

$$TC(T^*) = D \cdot C_p + \frac{C_o}{T^*} + \frac{D \cdot T^* \cdot C_h}{2}$$

3 Voorraadmodellen met deterministisch dynamische vraag

$I_{t-1} Q_t = 0$ (Wagner-Whitin voorwaarde)	N=24	Co = 350	Ch = 1
--	-------------	-----------------	---------------

Geg. =lfl	Peri. Vraag	1 60	2 50	3 40	4 100	5 50	6 150	7 60	8 10	9 20	10 20	11 60	12 70	... 24 D=1210
EOQ	Q _t	188	-	-	188	-	188	-	-	-	-	188	-	...
MEQ	Q _t	250	-	-	-	200	-	110	-	-	-	-	220	...
POQ	Q _t	250	-	-	-	270	-	-	-	170	-	-	-	...
LUC	Q _t	250	-	-	-	260	-	-	180	-	-	-	-	...
LTC	Q _t	250	-	-	-	290	-	-	-	-	240	-	-	...
PPB	Q _t	150	-	-	300	-	-	170	-	-	-	-	200	...
SMH	Q _t	150	-	-	150	-	260	-	-	-	-	260	-	...

EOQ	Moving EOQ
$\bar{D} = \left(\sum_{t=1}^n D_t \right) / n$ $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{D} \cdot C_o}{C_h}}$	$\bar{D} = \frac{(\sum_{t=1}^{24} D_t)}{n} = \frac{1210}{24} = 50,4 \text{ EH}$ $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \bar{D} \cdot C_o}{C_h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (350) \cdot (50,4)}{1}} = 188 \text{ eenheden}$
Periodic Order Quantity 1 – bereken EOQ 2 – bereken aantal perioden p = EOQ / \bar{D} 3 – min $\left(\frac{C_o}{p} + \frac{\bar{D}}{2} (p-1) C_h \right)$ voor p = p ₊ of p ₋	Least unit cost KPE ₁ =(350+0)/60=7 KPE ₂ =(350+50)/110=3,64 KPE ₃ =(350+50+40+40)/150=3,20 KPE ₄ =3,12 < KPE ₅
Least total cost Aantal bestelperiodes = min(cum C _o <C _o - C _o ; cum C _o >C _o - C _o) Bv. t = 1 0 * 60 + 1 * 50 + 2 * 40 = 130 < 350 0 * 60 + 1 * 50 + 2 * 40 + 3 * 100 = 430 > 350 Δ ^a = 350 - 130 = 220 Δ ^b = 430 - 350 = 80 Minimum Bestel voor 4 periode Part period balancing: bestel zodra CUM Ch > C0	Silver-meal-heuristiek Minimaliseer kost per periode: H(T)/T H(T)=Co+Ch∑ _{j=1} ⁿ (j-1) D ^j Bv. t=1 T=1(350+0*60)/1=350 T=2(350+0*60+1*50)/2=200 T=3(350+0*60+1*50+2*40)/3=160 T=4(350+0*60+1*50+2*40+3*100)/4=195

4. Stochastische voorraadmodellen

4.1 Eenmalige cyclus (eenmalige bestelling Q)

1) econ. voorraadbreukwaarschijnlijkheid berekenen: $\Pr(D \geq Q) = C_{ov} / (C_{ov} + C_{un})$
2) corresponderende z-waarde zoeken voor $\Pr(D \geq Q)$ in de P(z)-tabel <i>GRM: invNorm(area: 1 - Pr(D ≥ Q))</i>
3) optimale bestelhoeveelheid $Q^* = \bar{D} + z \cdot \sigma_D$, waarbij z een aantal standaarddeviaties representeert en σ_D , de standaarddeviatie van de vraag

4.2 meerdere bestelcycli met verloren verkoop

	Verwachte voorraad einde cyclus $OP - \left(\overline{DDLT} - \sum_{DDLT=OP+1}^{\max} (DDLT - OP) \cdot \Pr(DDLT) \right)$ $OP - \overline{DDLT} + E(DDLT > OP)$ = verwachte aantal tekorten Verwachte voorraad begin cyclus $OP - \overline{DDLT} + E(DDLT > OP) + Q$ Gemiddelde voorraad: $OP - \overline{DDLT} + E(DDLT > OP) + Q/2$
Voorraadkosten + bestelkosten: $C_h(OP - \overline{DDLT} + E(DDLT > OP) + Q/2) + (D/Q) \cdot C_o$ Optimaal OP: zie 3 stappen eenmalige cyclus maar met $\Pr(DDLT > OP) = \frac{C_h \cdot Q}{C_s \cdot D + C_h \cdot Q}$ waarbij $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{C_h}}$	Verwacht # tekorten per cyclus: $E(DDLT \geq OP) = E(z)^* \sigma_{DDLT}$ Gemidd. voorraad: $Q/2 + (z^* \sigma_{DDLT}) + E(DDLT \geq OP)$

4.3 Meerdere bestelcycli met recupereerbare verkoop

Voorraadkosten + bestelkosten $C_h(OP - \overline{DDLT} + Q/2) + (D/Q) \cdot C_o$ Optimaal OP: zie 3 stappen eenmalige cyclus maar met $\Pr(DDLT > OP) = \frac{C_h \cdot Q}{C_s \cdot D}$ Gemiddelde voorraad = $Q/2 + (z^* \sigma_{DDLT})$	Verwachte voorraad einde cyclus = $OP - \overline{DDLT} = VV$ Gemiddelde voorraad = $OP - \overline{DDLT} + Q/2$ Verwachte tekorten per jaar $D/Q \cdot \sum_{OP+1}^{\max} (DDLT - OP) \cdot \Pr(DDLT)$ <i>· Cs = corresponderende kosten</i> Corr. 0: $\frac{\text{gedecentraliseerd}}{\text{gecentraliseerd}} = \frac{z \cdot n \cdot \sigma_{DDLT}}{z \cdot \sqrt{n} \cdot \sigma_{DDLT}} = \sqrt{n}$ Pos. Corr.: $\sigma_{DDLT, \text{Totaal}} = \sum \sigma_{DDLT, i}$
---	--

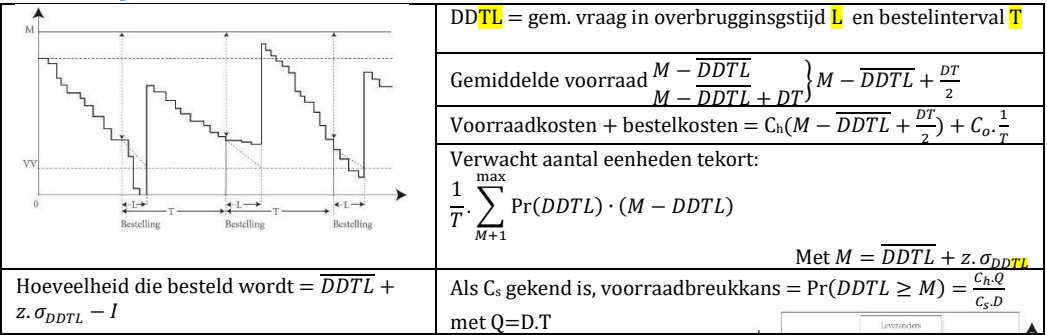
4.4 Kosten van een stockbreuk zijn niet gekend

Geval 1: servicegraad per bestelcyclus (Cycle service level) $\text{Servicegraad} = \frac{\text{aantal bestelperiodes zonder stockbreuk}}{\text{totaal aantal bestelperiodes}}$ $\text{Pr}(\text{stockbreuk}) = 1 - \text{servicegraad}$	Voorbeeld OP=80 & 13 cycli <table><tr><th>vraag</th><th>kans</th><th>tekort</th></tr><tr><td>≤ 80</td><td>57/63</td><td></td></tr><tr><td>90</td><td>3/63</td><td>10 (=90-80)</td></tr><tr><td>100</td><td>2/63</td><td>20 (=100-80)</td></tr><tr><td>110</td><td>1/63</td><td>30 (=110-80)</td></tr></table> Service=90,48% (57/63) FR=99,27% Verwacht #EH tekort/cyclus = 1,587 (100/63) . 13 (#EH/jaar)=20,631 1-FR=20,631/2860=0,007213	vraag	kans	tekort	≤ 80	57/63		90	3/63	10 (=90-80)	100	2/63	20 (=100-80)	110	1/63	30 (=110-80)
vraag	kans	tekort														
≤ 80	57/63															
90	3/63	10 (=90-80)														
100	2/63	20 (=100-80)														
110	1/63	30 (=110-80)														
Geval 2: servicegraad als fractie van het aantal EH gevraagd $\text{Fill Rate (FR)} = \frac{\text{aantal EH onmiddellijk geleverd uit voorraad}}{\text{totaal aantal EH gevraagd}}$ $1 - \text{Fill Rate} = \frac{\text{verwacht aantal EH tekort}}{\text{totaal aantal EH gevraagd}}$	Continue verdeling van de vraag: $1 - FR = \frac{E(z) \cdot \sigma_{DDLT} \cdot D / Q}{D}$ $E(z) = \frac{(1-FR) \cdot Q}{\sigma_{DDLT}}$															

4.5 Model waarbij bestelpunt en-hoeveelheid afhankelijk bepaald worden

$TC = C_h \cdot (Q/2 + OP - \overline{DDLT}) + D/Q (C_o + C_s \cdot E(DDLT > OP))$ 1) bepaal EOQ 2) bepaal OP 3) bepaal aantal EH tekort per cyclus 4) herbereken de EOQ (nieuwe waarde EOQ) 5) Ga terug naar stap 2. Stop als EOQ stagneert	$1) Q = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{C_h}}$ $2) \Pr(DDLT > OP) = \frac{C_h \cdot Q}{C_s \cdot D}$ $OP = \overline{DDLT} + z \cdot \sigma_{DDLT}$ of $\Pr(DDLT \geq OP)$ $3) E(DDLT > OP)$ of $E(z) \cdot \sigma_{DDLT}$ $C_s \cdot E(DDLT \geq OP)$ $4) Q' = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot [C_o + C_s \cdot E(DDLT > OP)]}{C_h}}$	4.6 model met variabele overbruggingstijd Discreet: 1) beslissingsboom 2) de gemiddelde vraag bepalen Continu: 1) $DDLT = E(D \text{ per periode}) \cdot E(L)$ 2) $\sigma^2_{DDLT} = \text{Var}(D) \cdot E(L) + \text{Var}(L) \cdot [E(D)]^2$ 3) $E(z) = \frac{(1-FR) \cdot Q}{\sigma_{DDLT}}$ en hieruit z afleiden 4) $OP = \overline{DDLT} + z \cdot \sigma_{DDLT}$ <i>Wilt jij €76 per maand verdienen?</i>
--	--	---

4.7 Voorraadpolitiek met vast bestelinterval



DEEL 2: MATERIAALBEHOEFTEPLANNING

2: Materiaalbehoefteplanning (Material requirements planning)

Periode (=time bucket)	0	1	2	3	4	5
Brutobehoeften (bij begin vn periode)			10		40	10
Geplande ontvangsten (bij begin periode)		50				
Te plannen orderontvangsten						50
Geprojecteerd beschikbaar	4	54	44	44	4	44
Te plannen orderuitgifte (afh. van LT)					50	

Bill of Material (BOM) – explosie-principe	Link tussen (vb met schop)
- Parent/Component relatie	- Parent: 'te plannen orderuitgifte'
- Unieke identificatie	- Component: brutobehoeften

➔ Verwerkingslogica / low level coding met productstructuren: cumulatieve overbruggingstijd en gemeenschappelijk gebruik van componenten (zie vb Alpha en Beta vertakking)

Ingrijpen MRP planner beperkt tot uitgeven van orders in juiste hoeveelheid op juiste tijdstip, en herschikken van de einddata van openstaande orders (**nadelen**: lead time vooraf & constant verondersteld + hypersensitiviteit).

3. Het master production schedule (MPS)

Tijdsgefaseerde (geleidelijk/in fasen) registratie:	MPS-omgevingen: Make-to-stock; Make-to-order; Assemble-to-order; Engineer-to-order
- Level production MPS / genivelleerd (verschillen verkleinen of gelijk maken) MPS	Factoren: Ontkoppelpunt; Delayed differentiation or Postponement (allerlaatste moment); Modulaire bill of material = A bill of material used for products configured from many possible combinations of modules. Contains a group of common components and feature categories that represent a part of the product with different configuration options (vb. mountainbike)
- Chase sales MPS schema: volgt de vraag	
(!) te plannen orderuitgifte wordt wanneer hij geboekt wordt in diezelfde periode al als 'geprojecteerd beschikbaar' genoteerd (dus geen overbruggingstijden <>MRP).	

1) periode	Orderbelofte – Available to promise – ATP
2) prognose	Available-to-promise (ATP) is a business function that provides a response to customer order inquiries, based on resource availability. It generates available quantities of the requested product, and delivery due dates.
3) orders	Finaal assemblageplan (FAS) (eventueel van achter naar voor oplossen)
4) beschikbaar= $4_t + 6_t - \max(1, 2)_t$	
5) ATP	
6) MPS	

4 Distributiebehoefteplanning (DRP) en Fair Share Allocation

Distribution Requirements Planning
Goederen en informatiestromen extern aan het bedrijf: captatie van de vraag van klanten
DRP of distribution requirements planning is een gecentraliseerd model dat volledig de MRP-logica volgt (te planne ordruidgift: onmiddellijk beschikbaar)
Tabelonderdelen: periode; Voorspelling ; In transit; Beschikbaar ; Ontvangst te plannen shipment; Te plannen shipment (Te plannen shipments = wnr hoeveel producten van producent verstuurd worden = basis hoofdproductieplan van de producent)

Fair Share Allocation
"Een eerlijk deel" is de hoeveelheid die ervoor zorgt dat elk magazijn over een gelijk aantal periodes aan de vraag kan voldoen (= System Time Supply). (magazijnen op zelfde ogenblik aan herbevoorrading toe)
Y-as tijd (time supply) en X-as verwachte vraag per/periode. 'floor' = orderpunt (eronder=Vraag tijdens LT + VV
1. Bereken gezamenlijke System Time Supply STS = $\frac{\text{beschikbaar} + \text{ontvangen} - \text{orderpunten}}{\text{vraag per periode (=ED)}}$

2. bereken individuele STS's (dus zonder 'ontvangen')
3. individueel aanvullen tot gezamenlijke STS: (gez. STS – ind. STS) . vraag per periode
--> Herbevoorrading = repetitief karakter: Centraal magazijn en DC's zullen na een STS het orderpunt bereiken.
Planning van producent kan hierop anticiperen

DEEL 3: TOC/gedetailleerde productieplanning tegen eindige capaciteit

Productstructuur (SA=Subassembly; R=Raw Material)	Bill of Material
Processtructuur (P=proces; M=Machine; laatste cijfer=productietijd/eenheid)	Bill of Manufacture

STAP 1: Productmix-beslissingen Zoek knelpunt -> Knelpunt eerst plannen -> Maak de rest ondergeschikt aan het gekozen knelpunt -> Knelpunt doorbreken -> Zoek nieuw knelpunt

➔ **productmix op basis van de grootste contributiemarge per eenheid knelpunttijd (beter!)**
(STAP 2: beperkingen en prioriteiten) **STAP 3: Ordergroottebeslissingen en -beperkingen**

Gegevens	Ordergrootte bepalen
D_i = vraag product $i, i = 1, \dots, n$ Q_i = ordergrootte C_0 = omstelkosten = $T_i \cdot S_i$ T_i = omsteltijd S_i = omstelkosten per tijdseenheid ; C_h = voorraadkosten B = beschikbare omsteltijd = besch. tijd - vari. productietijd	1. Bereken $EOQ_i \forall i$ 2. Bereken N = nodige omsteltijd (voor alle producten samen) 3. $N \leq B \rightarrow Q_i^{opt} = EOQ_i \forall i$ $N > B \rightarrow Q_i^{opt} = \frac{N}{B} EOQ_i = M * EOQ_i \forall i$ $= EOQ \cdot \frac{\text{omsteltijd nodig bij gebruik } EOQ}{\text{beschikbare omsteltijd}}$

STAP 4: Drum-buffer-rope concept

Drum: "Ritme aangeven" Rope: Planning en timing van werkorderuitgaven - Constraint rope: knelpunt ongestoord laten produceren - Assembly rope: controle goederenstroom naar assemblagepunt - Shipping rope: verbinding tussen het knelpuntproces en het order Buffer: Veiligheidstijd/Veiligheidsvoorraad - Knelpunt of assemblagepunt beschermen	
---	--

Lead-time reductie door middel van **overlapping** en/of **spreiding** (proces-batch --> transfer batch).
Shipping rope: afstand tussen het order (op de tijdschaal/weeklijn) en de 'drum'. Als men ziet dat er in de toekomst orders volbracht moeten worden en de 'drum' overlapt (of throughput <) -> drum nivelleren (gelijk niveau) of voorwaartse verschuiving. Of processen samenvoegen (< omsteltijd).

DEEL 4: Lean operations

2 JIT-basistechnieken: Push-versus pullsystemen; Een genivelleerd productieplan; 3; Kanban; Alt. kaartsystemen;

Mixed-model-assemblagelijnen (3)				
Typ e	Vraag (maand)	vraag (dag)	Cyclus (480mi/d) KIGeDe=48	Hvhl/cycl. (10x/dag)
A	400	20	24	2
B	600	30	16	3

Berekening van # kaarten $N = \frac{D}{a} (Tw + Tp)(1 + X)$
D/a= aantal standaardcontainers vereist om aan dagvraag te beantwoorden; **Tw+Tp= cyclustijd van een transport-en een productiekaart gesommeerd;** (1+X)=toegelaten maat voor inefficiënties in het systeem.

3 Verbanden met andere functies binnen productie

Kwaliteit: autonotation (=jidoka/still lijn), genchi genbutsu (=go and see) en Poka yoke (= foutpreventie/mistake proofing). **Functionele lay-out (job shop); Celproductieconcept; Productgerichte lijn (flow shop)**

Het balanceren van een assemblagelijijn (3.3)	Constant verbruiksritme van componenten
Taken toewijzen aan werkcentra - Minimum aantal werkcentra ($N^* = \sum_{k=1}^K t_k / C$ met t_k = totale productietijd) - Binnen de cyclustijd C (= #productie/tijd) - Volgorderrelaties respecteren Efficiëntie = $100 \cdot \sum_{k=1}^K t_k / (N \cdot C)$	Q_i = productiehoeveelheid van product i B_{ij} = benodigde hoeveelheid van component j voor één eenheid van product i N_j = totale benodigde hoeveelheid van component j voor productie van alle producten i $N_j = [Q] \cdot [b_{ij}]$
	$G_k = \left[K \left(\frac{N_1}{Q} \right), K \left(\frac{N_2}{Q} \right), \dots, K \left(\frac{N_\beta}{Q} \right) \right]$ $P_{K,i} = [X_{1K}, X_{2K}, \dots, X_{\beta K}]$ $D_{K,i} = \sum_{j=1}^{\beta} (K(N_j/Q) - X_{jk})^2$ Doel: $D_K = \min D_{K,i}$ Wil jij €76 per maand verdienen?